

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 4, Nomor 2, Juli 2017

**PENGELOMPOKAN 33 AKSESI KAKAO BERDASARKAN KARAKTER
 MORFOLOGI KOMPONEN BUAH**

***GROUPING THE 33 ACCESSIONS OF CACAO BASED ON MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF
 POD COMPONENTS***

* Edi Wardiana, Juniaty Towaha, dan Syafaruddin

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
 Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
 * ediwardiana@yahoo.com

(Tanggal diterima: 7 Februari 2017, direvisi: 30 Maret 2017, disetujui terbit: 29 Juni 2017)

ABSTRAK

Identifikasi dan pengelompokan aksesori plasma nutfah kakao berdasarkan karakter morfologi komponen buah merupakan langkah awal yang penting dalam kegiatan pemuliaan untuk merakit varietas unggul. Tujuan penelitian adalah mengelompokkan 33 aksesori kakao berdasarkan karakter morfologi komponen buah. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Desember 2015. Metode yang digunakan adalah observasi terhadap 33 aksesori kakao Kaliwining (KW) yang ditanam tahun 2012 dengan jarak tanam 3 m x 3 m dan pohon penayang kelapa Genjah Salak umur 26 tahun. Pemilihan 10 sampel pohon per aksesori dilakukan secara acak sederhana, dan panen buah dilakukan dua kali, yaitu pada bulan Februari dan Oktober 2015 berdasarkan musim yang berbeda. Sebanyak 20 sampel buah per aksesori dipilih secara acak sederhana, masing-masing 10 buah untuk setiap waktu panen. Pengamatan dilakukan terhadap 7 karakter komponen buah yang meliputi: (1) bobot segar buah, (2) jumlah biji, (3) bobot segar biji, (4) bobot kering biji, (5) bobot segar kulit buah, (6) jumlah alur kulit buah, dan (7) bobot segar pulpa. Analisis data dilakukan dengan analisis faktor, kluster berhierarki metode Ward's dan diskriminan. Hasil penelitian menunjukkan 19 aksesori kakao tergolong berkarakter komponen biji dan kulit buah yang tinggi, 9 aksesori tergolong berkarakter bobot pulpa yang tinggi, dan 5 aksesori, yaitu KW 162, KW 528, KW 570, KW 571, dan KW 720 tergolong tinggi dalam semua karakter komponen buah. Aksesori-aksesori tersebut potensial untuk dijadikan tetua dalam merakit varietas unggul kakao.

Kata kunci: Analisis faktor, dendrogram, kakao, komponen buah, plasma nutfah

ABSTRACT

Identification and grouping of diverse cacao accessions based on morphological character of pod components is important in breeding activities to generate superior varieties. This study aimed to grouping 33 cocoa accessions based on morphological characters of pod components, conducted at Pakuwon Experimental Station, Sukabumi, West Java, at an altitude of 450 asl with Latosol soil and B type climate (Schmidt and Fergusson), from January until December 2015. Observation was taken on 33 cacao accessions of Kaliwining (KW), planted in 2012 with 3 m x 3 m spacing under 26 years old Genjah Salak coconut trees as shading. Ten mature pods were randomly harvested from 10 cocoa plants of each accession at respective two seasons (February and December 2015). The variables observed were 7 characters of pod components i.e.: (1) fresh weight of pod, (2) number of beans, (3) fresh weight of beans, (4) dry weight of beans, (5) fresh weight of pod husk, (6) number of pod furrow, and (7) fresh weight of pulp. Data were analyzed by factor analysis followed by hierarchical cluster analysis in Ward's method and discriminant analysis. The result showed that 19 accessions were classified as high in bean and pod husk component characters, 9 accessions were classified as high in pulp characters, and 5 accessions i.e. KW 162, KW 528, KW 570, KW 571, and KW 720 were classified as high in all characters of pod components, and potential as parents in generating superior cacao varieties.

Keywords: Cacao, dendrogram, factor analysis, germplasm, pod components

PENDAHULUAN

Kegiatan identifikasi karakter morfologi vegetatif, generatif, serta daya hasil dan komponen hasil merupakan satu langkah awal yang penting dalam program pemuliaan tanaman, terutama dalam merakit suatu varietas unggul. Karakter-karakter tersebut biasanya saling berhubungan antara satu dengan lainnya, seperti hasil penelitian yang telah dilakukan oleh De Almeida, Vencovsky, & Bartley *cited in* De Almeida & Valle (2007), Anita-Sari & Susilo (2013), dan Wardiana & Rubiyo (2015) pada tanaman kakao, serta oleh Wardiana & Pranowo (2014) pada tanaman kopi.

Beberapa karakter komponen buah kakao, yang meliputi ukuran buah (*pod*), biji, kulit buah, dan pulpa, berhubungan langsung dengan produktivitas tanaman serta ketahanan terhadap hama penggerek buah (PBK) (Susilo, Mangoendidjojo, Witjaksono, Sulistyowati, & Mawardi, 2009; Susilo, Mangoendidjojo, Witjaksono, & Mawardi, 2009; Wijaya, Prawoto, & Ihromi, 2009; Asrul, Agus, Daryati, & Mollah, 2012; Limbongan, 2012; Pertiwi, Asrul, & Baja, 2013; Susilo, Mawardi, Witjaksono, & Mangoendidjojo, 2015) dan penyakit busuk buah (Nyadanu *et al.*, 2012; Ondobo *et al.*, 2014; Simo *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil eksplorasi, seleksi, dan introduksi yang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PPKKI), Jember, diperoleh beberapa aksesori kakao, di antaranya seri Kaliwining (KW). Penelitian lanjutan dari aksesori-aksesori tersebut telah menghasilkan beberapa klon unggul nasional, di antaranya ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, ICCRI 04, ICCRI 07, Sulawesi 1, Sulawesi 2, dan Sulawesi 3 (Suhendi, Mawardi, & Winarno, 2005; Susilo *et al.*, 2009; Baon, 2011). Sampai saat ini, penelitian-penelitian bidang plasma nutfah dan pemuliaan tanaman terhadap aksesori-aksesori KW masih terus dilakukan karena masih terbuka peluang untuk mendapatkan materi genetik lain yang lebih unggul. Sebagai contoh, penelitian Susilo, Anita-Sari, Sobadi, Suwitra, & Nurlia (2012) untuk menguji stabilitas daya hasil dan ketahanan terhadap hama PBK pada 25 klon kakao yang berasal dari aksesori KW.

Penelitian berikutnya perlu diperluas dengan menambah jumlah aksesori yang diteliti serta memperluas parameter komponen buah yang dianalisis untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap terhadap aksesori-aksesori kakao KW. Pengelompokan aksesori-aksesori kakao KW berdasarkan karakter morfologi komponen buah sangat bermanfaat bagi program pemuliaan berikutnya dalam upaya memperoleh varietas baru dengan keunggulan lebih spesifik dari yang sudah ada. Sehubungan dengan itu maka penelitian ini bertujuan

mengelompokkan 33 aksesori kakao dengan nama inisial KW berdasarkan pada karakter morfologi komponen buah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, Sukabumi, Jawa Barat, pada koordinat 6° 50' 40,045" S dan 106° 45' 9,209 E", ketinggian tempat 450 m dpl, jenis tanah Latosol, dan tipe iklim B (Schmidt dan Fergusson), mulai bulan Januari sampai Desember 2015. Metode yang digunakan adalah observasi terhadap 33 aksesori kakao seri KW koleksi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) hasil kontrak kerja sama antara Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan dengan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PPKKI). Ke-33 aksesori kakao tersebut ditanam pada tahun 2012 dengan jarak tanam 3 m x 3 m di bawah pohon penayang kelapa Genjah Salak yang berumur 26 tahun.

Penentuan Contoh dan Peubah Pengamatan

Sebanyak 10 pohon contoh per aksesori dipilih secara acak sederhana sehingga total pohon contoh sebanyak 33 aksesori × 10 pohon = 330 pohon. Pada 330 pohon contoh tersebut kemudian dilakukan panen buah yang telah matang sebanyak dua kali, yaitu bulan Februari dan Oktober 2015 berdasarkan musim yang berbeda. Sepuluh contoh buah per aksesori per waktu panen dipilih secara acak sederhana dari komposit buah panen ke-10 pohon contoh sehingga total contoh buah sebanyak 33 aksesori × 10 contoh × 2 kali panen = 660 buah. Parameter morfologi komponen buah yang diukur meliputi peubah bobot segar buah (BSBH), jumlah biji (JMBI), bobot segar biji (BSBI), bobot kering biji (BKBI), bobot segar kulit buah (BSKB), jumlah alur pada kulit buah (JAKB), dan bobot segar pulpa (BSPA). Jumlah biji, bobot segar biji, dan bobot kering biji dihitung terhadap semua biji normal (bernas/tidak cacat) yang terdapat dalam buah (tanpa dilakukan *sampling*).

Analisis Data

Data yang terkumpul kemudian dianalisis secara *multivariate* dengan tiga tahapan analisis. Tahap pertama adalah analisis faktor (*factor analysis*) dengan metode komponen utama, dan tahap kedua adalah analisis kluster berhierarki (*hierarchical cluster analysis*) dengan metode Ward's. Analisis kluster dilakukan berdasarkan nilai skor faktor hasil dari analisis faktor seperti yang dikemukakan oleh Gaspersz (2006) dan Piessevaux *et al.* (2009). Tahap ketiga adalah analisis konfirmasi melalui penggunaan analisis diskriminan terhadap kelompok aksesori yang telah terbentuk berdasarkan analisis kluster. Di samping itu, dilakukan

juga uji-t tidak berpasangan antar kluster yang terbentuk untuk semua peubah yang diamati.

Metode analisis komponen utama secara umum menjelaskan saling keterkaitan di antara peubah-peubah yang kompleks, sedangkan analisis kluster merupakan alat untuk mengelompokkan objek penelitian. Selanjutnya, dikemukakan juga bahwa analisis kluster secara berhierarki sangat cocok digunakan untuk penelitian dengan jumlah perlakuan yang cukup banyak, tetapi relatif lebih mudah dalam pengambilan kesimpulan (Gaspersz, 2006; Johnson & Wichern, 2007; Bro & Smilde, 2014). Metode analisis data seperti ini telah banyak dilakukan pada penelitian tentang plasma nutfah maupun pemuliaan tanaman, seperti yang telah dilakukan oleh Ferreira & Hitchcock (2009), Maji & Shaibu (2012), Saraçlı, Dogan, & Dogan (2013), dan Li-Hammed *et al.* (2015).

Berdasarkan pada banyaknya kluster yang terbentuk, selanjutnya disusun kriteria pengelompokan serta pemerincian aksesori berdasarkan nilai skor komponen faktor yang identik dengan tinggi rendahnya nilai rata-rata peubah yang diamati. Apabila terbentuk 2 buah kluster maka dikelompokkan ke dalam kluster rendah dan tinggi, sedangkan apabila terbentuk 3 buah kluster maka dikelompokkan ke dalam kluster rendah, sedang, dan tinggi. Demikian seterusnya apabila kluster yang terbentuk lebih dari 3 buah. Seluruh analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SPSS versi 21.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Faktor

Analisis faktor dilakukan untuk menyederhanakan jumlah peubah yang diamati menjadi beberapa komponen faktor yang jumlahnya lebih sedikit daripada peubah asal, tetapi mampu menjelaskan secara tepat keragaman totalnya. Berdasarkan hasil analisis faktor terhadap 7 peubah komponen buah, diperoleh 2 buah komponen faktor yang masing-masing memiliki nilai *eigenvalue* >1,00. Dalam analisis faktor, nilai *eigenvalue* >1,00 merupakan prasyarat atau asumsi yang harus dipenuhi untuk menentukan terpilih atau tidaknya suatu komponen faktor (Gaspersz, 2006; Johnson & Wichern, 2007; Beavers *et al.*, 2013). Nilai persentase ragam untuk komponen faktor pertama sebesar 62,99% dan faktor kedua sebesar 15,32% sehingga persentase keragaman kumulatif kedua komponen faktor tersebut adalah 78,31% (Tabel 1). Artinya, karakter komponen buah dari 33 aksesori kakao sebagai objek penelitian ini dapat dijelaskan sebesar 78,31% oleh kedua komponen faktor yang dimaksud. Oleh karena itu, proses identifikasi dan pengelompokan 33 aksesori kakao

berdasarkan karakter morfologi komponen buah sudah cukup valid. Beavers *et al.* (2013) mengemukakan bahwa dalam analisis faktor, untuk menentukan banyaknya komponen faktor yang akan dipilih, selain berdasarkan nilai *eigenvalue* >1,00, juga disarankan nilai keragaman kumulatifnya 75%–90%.

Tabel 1. *Eigenvalue*, persentase ragam, dan kumulatif persentase ragam berdasarkan hasil analisis faktor

Table 1. *Eigenvalue*, percentage of variance, and percentage of variance cumulative based on the result of factor analysis

| Komponen faktor ke- | <i>Eigenvalue</i> dan nilai ragam | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------|---------------------|
| | <i>Eigenvalue</i> | Ragam (%) | Kumulatif ragam (%) |
| 1. | 4,41 | 62,99 | 62,99 |
| 2. | 1,07 | 15,32 | 78,31 |
| 3. | 0,85 | 12,11 | 90,42 |
| 4. | 0,46 | 6,54 | 96,96 |
| 5. | 0,17 | 2,39 | 99,35 |
| 6. | 0,05 | 0,65 | 100,00 |
| 7. | 0,00 | 0,00 | 100,00 |

Komponen faktor ke-1 terdiri atas enam peubah, yaitu JMBI, BSBI, BSBH, JAKB, BKBI, dan BSKB yang seluruhnya saling berkorelasi secara positif dengan nilai *loading* 0,77–0,94, sedangkan komponen faktor ke-2 hanya terdiri atas satu peubah, yaitu bobot segar pulpa (BSPA). Berdasarkan substansi peubah-peubah yang menyusunnya maka komponen faktor ke-1 diberi label “biji dan kulit buah”, sedangkan komponen faktor ke-2 diberi label “pulpa” (Tabel 2).

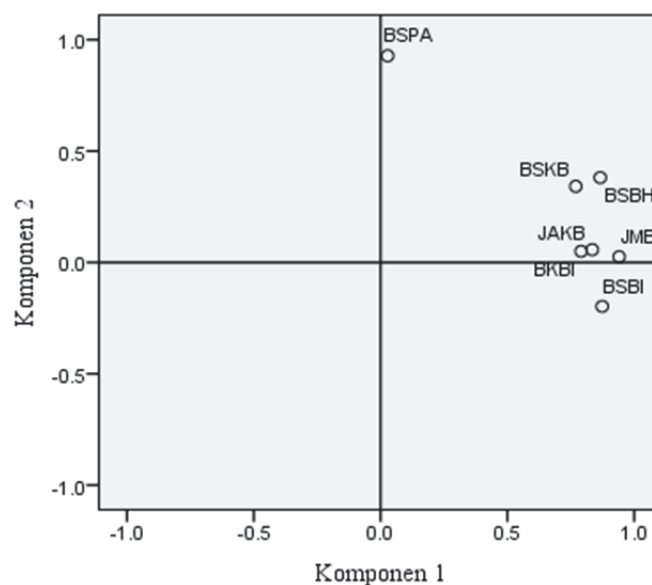
Tabel 2. Nilai *loading* komponen faktor berdasarkan hasil rotasi varimax

Table 2. The loading value of factor components based on varimax rotation

| Peubah | Komponen faktor ke- | |
|--------|---------------------|-------------|
| | 1 | 2 |
| JMBI | 0,94 | 0,03 |
| BSBI | 0,87 | -0,20 |
| BSBH | 0,87 | 0,38 |
| JAKB | 0,84 | 0,06 |
| BKBI | 0,79 | 0,05 |
| BSKB | 0,77 | 0,34 |
| BSPA | 0,03 | 0,93 |

Keterangan : Angka yang dicetak tebal merupakan anggota dari masing-masing komponen faktor. JMBI = jumlah biji; BSBI = bobot segar biji; BSBH = bobot segar buah; JAKB = jumlah alur kulit buah; BKBI = bobot kering biji; BSKB = bobot segar kulit buah; BSPA = bobot segar pulpa

Notes : Numbers in bold are the members of each factor components. JMBI = number of bean; BSBI = fresh weight of bean; BSBH = fresh weight of pod; JAKB = number of pod furrow; BKBI = dry weight of bean; BSKB = fresh weight of pod husk; BSPA = fresh weight of pulp



Gambar 1. Sebaran peubah pada koordinat dua komponen faktor. JMBI = jumlah biji; BSBI = bobot segar biji; BSBH = bobot segar buah; JAKB = jumlah alur kulit buah; BKBI = bobot kering biji; BSKB = bobot segar kulit buah; BSPA = bobot segar pulpa.

Figure 1. Distribution of variables at the coordinate of two factor components. JMBI = number of bean; BSBI = fresh weight of bean; BSBH = fresh weight of pod; JAKB = number of pod furrow; BKBI = dry weight of bean; BSKB = fresh weight of pod husk; BSPA = fresh weight of pulp

Sejalan dengan nilai *loading* hasil rotasi varimax seperti yang disajikan pada Tabel 2, sebaran data peubah BSBH, JMBI, BSBI, JAKB, BKBI, dan BSKB mengelompok pada koordinat yang sama, sementara itu peubah BSPA terpisah sendiri pada koordinat yang berbeda (Gambar 1).

Adanya hubungan yang positif antara BSBH, BSBI, dan BKBI juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Anita-Sari & Susilo (2013) sehingga karakter-karakter tersebut dapat digunakan sebagai kriteria seleksi pada tanaman kakao. Oyedokun, Omoloye, Adewale, Adeigbe, & Aikpokpoidon (2011), Adewale *et al.* (2013), dan Adenuga *et al.* (2015) juga menemukan adanya hubungan yang positif antara beberapa komponen buah kakao seperti bobot buah, panjang buah, lingkaran buah, tebal buah, jumlah biji, serta bobot segar dan kering biji.

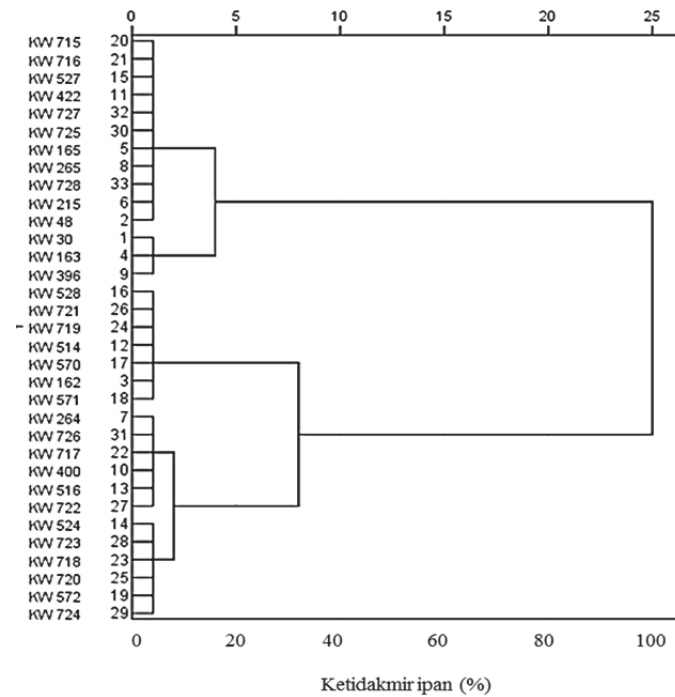
Pengelompokan dan Pemeringkatan Aksesori Berdasarkan Skor Komponen Faktor Ke-1

a. Pengelompokan aksesori

Dendrogram ke-33 aksesori berdasarkan nilai skor komponen faktor ke-1 (komponen faktor biji dan kulit buah) menghasilkan 2 buah klaster pada jarak skala minimum 8 yang identik dengan tingkat ketidakmiripan (*dissimilarity*) 32% dan konsisten hingga mendekati

100% (Gambar 2). Dengan demikian, dugaan tingkat keragaman genetik 33 aksesori kakao yang didasarkan pada karakter fenotipik komponen faktor ke-1 (JMBI, BSBI, BSBH, JAKB, BKBI, dan BSKB) tergolong “sedang”. Hal ini sejalan dengan dugaan keragaman genetik relatif yang dikemukakan oleh Murdaningsih, Baihaki, Satari, Danakusuma, & Permadi (1990), yaitu <25% termasuk relatif rendah, 26%–50% sedang, 51%–75% agak tinggi, dan >75% tinggi.

Klaster I, terdiri atas 19 aksesori, yaitu KW 528, KW 721, KW 719, KW 514, KW 570, KW 162, KW 571, KW 264, KW 726, KW 717, KW 400, KW 516, KW 722, KW 524, KW 723, KW 718, KW 720, KW 572, dan KW 724. Klaster II, terdiri atas 14 aksesori, yaitu KW 715, KW 716, KW 527, KW 422, KW 727, KW 725, KW 165, KW 265, KW 728, KW 215, KW 48, KW 30, KW 163, dan KW 396 (Gambar 2). Hasil pengelompokan aksesori berdasarkan skor komponen faktor ke-1 dinilai cukup valid setelah dikonfirmasi melalui analisis diskriminan seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Seluruh kriteria pengujian telah terpenuhi, dan ketepatan pengelompokan dapat mencapai 75,80%. Hasil analisis ini telah sesuai dengan asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam melakukan analisis diskriminan seperti yang dikemukakan oleh Chan (2005) dan Gaspersz (2006).



Gambar 2. Dendrogram ke-33 aksesii kakao berdasarkan skor komponen faktor ke-1

Figure 2. Dendrogram of the 33th cacao accessions based on the score of the first factor component

Tabel 3. Hasil analisis diskriminan terhadap pengelompokan aksesii kakao berdasarkan skor komponen faktor ke-1

Table 3. The result of discriminant analysis on grouping of cacao accessions based on first factor component scores

| Parameter pengujian | Hasil pengujian |
|---|-----------------|
| Uji homogenitas matriks peragam (Uji Box's M) | 0,09 tn |
| Uji fungsi diskriminan (Wilk's Lambda) | 0,83 * |
| Nilai korelasi kanonik | 0,41 |
| Ketepatan pengelompokan (%) | 75,80 |

Keterangan: * nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata

Notes : * significant at 5% level; tn = not significant

b. Pemeringkatan aksesii

Ke-19 aksesii yang termasuk ke dalam kluster I menunjukkan karakteristik komponen biji dan kulit buah yang tinggi (Tabel 4). Aksesii-aksesii tersebut dapat digunakan sebagai tetua untuk menghasilkan klon kakao produksi tinggi karena biji merupakan komponen utama dalam menilai produktivitas tanaman kakao. Sebagai contoh adalah aksesii KW 162, yang telah dilepas sebagai klon unggul dengan nama Sulawesi 1, memiliki potensi daya hasil tinggi, yaitu 1,80–2,50

ton/ha (Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI], n.d.).

Keunggulan lain yang dimiliki oleh ke-19 aksesii ini ialah tingginya bobot kulit buah, yang diasumsikan identik dengan tebalnya kulit buah. Tebalnya kulit buah merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan dalam menilai klon kakao tahan terhadap hama PBK (Limbongan, 2012), demikian juga dengan karakter komponen buah lainnya, seperti bentuk dan tekstur buah, jumlah dan kedalaman alur buah, serta warna buah (Asrul *et al.*, 2012; Pertiwi *et al.*, 2013), tingkat kekerasan jaringan sklerotik dan tingkat lignifikasi buah (Susilo *et al.*, 2009; Susilo *et al.*, 2015). Aksesii KW 514 dan KW 570 yang termasuk ke dalam kluster I telah dilepas dengan nama masing-masing ICCRI 07 dan Sulawesi 3, adalah merupakan klon unggul kakao tahan terhadap hama PBK (Susilo, 2012). Selain itu, aksesii KW 528, KW 570, KW 571, dan KW 721 yang juga termasuk ke dalam kluster ini adalah aksesii-aksesii yang dikategorikan cukup toleran terhadap terjadinya periode kering (Towaha & Wardiana, 2015), dan hal itu diduga berhubungan erat dengan karakteristik kulit buahnya.

Tabel 4. Nilai rata-rata serta nilai minimum dan maksimum komponen faktor biji dan kulit buah kakao untuk kedua klaster

Table 4. Average, minimum and maximum value of cocoa bean and pod husk factor components for both clusters

| Komponen faktor biji dan kulit buah | Klaster 1 | Klaster II | Keterangan |
|---|---------------------------|---------------------------|------------|
| Jumlah biji/buah (JMBI) (butir) | 46,29 (38,80–53,36) | 37,09 (30,37–41,73) | ** |
| Bobot segar biji/buah (BSBI) (g) | 139,45 (115,55–163,83) | 106,30 (82,11–138,26) | ** |
| Bobot segar buah (BSBH) (g) | 522,07 (401,75–639,79) | 400,18 (298,13–473,82) | ** |
| Jumlah alur kulit buah/buah (JAKB) (alur) | 11,35 (8,27–12,50) | 9,50 (7,20–11,25) | ** |
| Bobot kering biji/buah (BKBI) (g) | 15,42 (11,79–28,39) | 11,10 (8,37–14,32) | ** |
| Bobot segar kulit buah/buah (BSKB) (g) | 352,16 (239,10–436,54) | 261,19 (162,01–319,57) | ** |

Keterangan : ** nyata pada taraf 1% menurut uji-t tidak berpasangan; angka dalam kurung menunjukkan nilai minimum dan maksimum

Note : ** significant at 1% level according to unpaired t-test; numbers in parenthesis indicate the minimum and maximum value

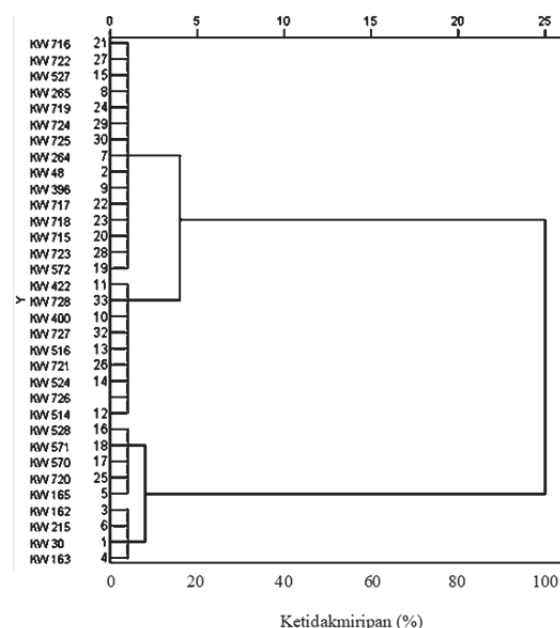
Pengelompokan dan Pemeringkatan Aksesori Berdasarkan Skor Komponen Faktor Ke-2

a. Pengelompokan aksesori

Dendrogram ke-33 aksesori didasarkan pada nilai skor komponen faktor ke-2 (faktor pulpa) menghasilkan 2 buah klaster pada jarak skala minimum 4 yang identik dengan tingkat ketidakmiripan 16% dan konsisten hingga mendekati 100% (Gambar 3). Dengan demikian, dugaan tingkat keragaman genetik 33 aksesori kakao yang

didasarkan pada karakter fenotipik bobot pulpa tergolong “relatif rendah” (Murdaningsih *et al.*, 1990).

Klaster I, terdiri atas 9 aksesori, yaitu KW 528, KW 571, KW 570, KW 720, KW 165, KW 162, KW 215, KW 30, dan KW 163. Klaster II, terdiri dari 24 aksesori sisanya. Hasil pengelompokan aksesori berdasarkan skor komponen faktor ke-2 (pulpa) dinilai valid setelah dikonfirmasi melalui analisis diskriminan, seperti yang ditampilkan pada Tabel 5. Bahkan tingkat ketepatan pengelompokannya dapat mencapai 100%.



Gambar 3. Dendrogram ke-33 aksesori kakao berdasarkan skor komponen faktor ke-2

Figure 3. Dendrogram of the 33th cacao accessions based on the score of the second factor component

Tabel 5. Hasil analisis diskriminan terhadap pengelompokan aksesori berdasarkan skor komponen faktor ke-2

Table 5. The result of discriminant analysis on grouping the accessions based on the score of the second factor component

| Parameter pengujian | Hasil pengujian |
|---|-----------------|
| Uji homogenitas matriks peragam (Uji Box's M) | 0,11 tn |
| Uji fungsi diskriminan (Wilk's Lambda) | 0,24 ** |
| Nilai korelasi kanonik | 0,87 |
| Ketepatan pengelompokan (%) | 100,00 |

Keterangan: ** nyata pada taraf 1%; tn = tidak nyata

Notes : ** significant at 1% level; tn = not significant

b. Pemeringkatan aksesori

Aksesori-aksesori yang termasuk ke dalam kluster I dapat digunakan sebagai tetua dalam proses pemuliaan untuk memperoleh klon kakao dengan karakter bobot pulpa/buah yang tinggi (Tabel 6). Pulpa merupakan salah satu bagian dari komponen buah kakao, yaitu berupa gumpalan lendir yang licin menyelimuti biji. Jumlah pulpa yang berlebihan akan dapat meningkatkan keasaman biji dan menghambat aliran oksigen ke dalam massa biji kakao sehingga proses fermentasi menjadi kurang sempurna (Emmanuel, Jennifer, Agnes, Jemmy, & Firibu, 2012). Apabila tidak diproses, limbah cairan pulpa dapat mencemari lingkungan. Namun demikian, di balik kekurangannya ternyata pulpa dapat diproses lebih lanjut menjadi beragam produk bernilai ekonomi tinggi seperti etanol, asam asetat, herbisida, dan aktivator pengomposan (Widyotomo & Mulato, 2008; Mahadewi, Ganda Putra, & Wrasati, 2013), serta berbagai bahan makanan dan minuman seperti jus pulpa, nata de kakao, selai, jeli, pektin, dan minuman anggur (Dias, Schwan, Freire, & Dos Santos Serôdio, 2007; Widyotomo & Mulato, 2008; Djoulde, Essia, & Etoa, 2011; Towaha, 2013; Afolabi, Ibitoye, & Agbaje, 2015; Da Silva Oliveira Nunes *et al.*, 2017).

Tabel 6. Nilai rata-rata, serta nilai minimum dan komponen faktor pulpa untuk kedua kluster

Table 6. Average, minimum and maximum value of pulp factor components for both clusters

| Komponen faktor pulpa | Kluster I | Kluster II |
|-----------------------|---------------|--------------|
| Bobot segar | 50,71 | 24,16 |
| pulpa/buah (g)** | (10,34–58,75) | (9,62–54,45) |

Keterangan : ** nyata pada taraf 1% menurut uji-t tidak berpasangan; angka dalam kurung menunjukkan minimum dan maksimum

Note : ** significant at 1% level according to unpaired t-test; numbers in parenthesis indicate the minimum and maximum value

Di samping beragam manfaat pulpa seperti yang telah dikemukakan di atas, penelitian ke depan hendaknya lebih difokuskan pada upaya mencari manfaat lain dari pulpa, terutama yang ada kaitannya secara langsung dengan peningkatan produktivitas biji maupun dengan tingkat ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit tertentu. Sebagai contoh, telah ditemukan bahwa volume plasenta, yang letaknya berbatasan dan melekat pada pulpa, merupakan salah satu indikator dalam menilai tingkat ketahanan tanaman kakao terhadap hama PBK (Limbongan, 2012). Sejalan dengan itu, karakteristik khas dari pulpa, yaitu berupa gumpalan lendir halus dan licin, berbau khas dengan tingkat keasaman cukup tinggi, dan letaknya yang menyelimuti biji diduga memiliki manfaat tersendiri, yaitu sebagai benteng terakhir dalam melindungi biji kakao dari penetrasi organisme pengganggu. Perlu penelitian lebih lanjut untuk membuktikan dugaan ini.

Pemilihan Aksesori dengan Peringkat Tinggi Berdasarkan Kedua Komponen Faktor

Berdasarkan kombinasi dari kedua komponen faktor (biji dan kulit buah, serta pulpa) maka dapat diperoleh 5 aksesori (KW 162, KW 528, KW 570, KW 571, dan KW 720) yang dinilai memiliki peringkat tinggi (Tabel 7). Ke-5 aksesori tersebut berpotensi tinggi untuk dijadikan sebagai tetua dalam merakit klon unggul kakao, baik untuk klon produksi tinggi maupun tahan terhadap OPT.

Dari ke-33 aksesori KW yang diuji dalam penelitian ini, baru sebagian kecil saja telah dilepas sebagai klon unggul nasional, di antaranya klon ICCRI 03, ICCRI 04, Sulawesi 1, Sulawesi 2, Sulawesi 3, dan ICCRI 07 yang masing-masing berasal dari aksesori KW 30, KW 48, KW 162, KW 163, KW 570, dan KW 514 (Suhendi *et al.*, 2005; Susilo *et al.*, 2009; Baon, 2011; Susilo, 2012). Selain ke-33 aksesori tersebut, telah diperoleh klon unggul lainnya dengan nama ICCRI 01 dan ICCRI 02 yang memiliki keunggulan dalam persentase biji putih yang tinggi (99%) serta ukuran biji besar (>1,25 g/biji). Kedua klon tersebut masing-masing berasal dari aksesori KW 118 dan KW 109 (Baon, 2011).

Tabel 7. Pemeringkatan ke-33 aksesii kakao berdasarkan nilai skor komponen faktor biji dan kulit buah, serta komponen faktor pulpa
Table 7. The ranking of the 33th cacao accessions based on the score of bean and pod husk factor component, and pulp factor components

| Aksesii | Komponen faktor biji dan kulit buah | | Komponen faktor pulpa | |
|----------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| | Nilai skor | Peringkat (klaster) | Nilai skor | Peringkat (klaster) |
| KW 30 | -1,67343 | Rendah (II) | 1,49506 | Tinggi(I) |
| KW 48 | -0,96907 | Rendah (II) | 0,31677 | Rendah (II) |
| <u>KW 162</u> | 1,80182 | Tinggi (I) | 1,79106 | Tinggi (I) |
| KW 163 | -1,49014 | Rendah (II) | 2,45068 | Tinggi (I) |
| KW 165 | -0,41813 | Rendah (II) | 1,04979 | Tinggi (I) |
| KW 215 | -0,94578 | Rendah (II) | 1,76893 | Tinggi (I) |
| KW 264 | -0,13403 | Tinggi (I) | -0,24500 | Rendah (II) |
| KW 265 | -0,92887 | Rendah (II) | -0,61351 | Rendah (II) |
| KW 396 | -2,14929 | Rendah (II) | 0,29902 | Rendah (II) |
| KW 400 | 0,03015 | Tinggi (I) | -1,06537 | Rendah (II) |
| KW 422 | -0,48763 | Rendah (II) | -1,46440 | Rendah (II) |
| KW 514 | 1,02852 | Tinggi (I) | -0,91363 | Rendah (II) |
| KW 516 | -0,02697 | Tinggi (I) | -0,84149 | Rendah (II) |
| KW 524 | 0,66067 | Tinggi (I) | -0,86932 | Rendah (II) |
| KW 527 | -0,62985 | Rendah (II) | -0,53421 | Rendah (II) |
| <u>KW 528</u> | 1,16292 | Tinggi (I) | 0,88071 | Tinggi (I) |
| <u>KW 570</u> | 1,37405 | Tinggi (I) | 1,23326 | Tinggi (I) |
| <u>KW 571</u> | 2,08730 | Tinggi (I) | 0,79020 | Tinggi (I) |
| KW 572 | 0,28919 | Tinggi (I) | 0,02410 | Rendah (II) |
| KW 715 | -0,60004 | Rendah (II) | -0,11515 | Rendah (II) |
| KW 716 | -0,59523 | Rendah (II) | -0,55554 | Rendah (II) |
| KW 717 | -0,14818 | Tinggi (I) | -0,08479 | Rendah (II) |
| KW 718 | 0,60075 | Tinggi (I) | -0,06118 | Rendah (II) |
| KW 719 | 1,22856 | Tinggi (I) | -0,36040 | Rendah (II) |
| <u>KW 720</u> | 0,61973 | Tinggi (I) | 1,19246 | Tinggi (I) |
| KW 721 | 1,17850 | Tinggi (I) | -0,82599 | Rendah (II) |
| KW 722 | 0,12683 | Tinggi (I) | -0,55397 | Rendah (II) |
| KW 723 | 0,64902 | Tinggi (I) | -0,16066 | Rendah (II) |
| KW 724 | 0,43356 | Tinggi (I) | -0,34687 | Rendah (II) |
| KW 725 | -0,51876 | Rendah (II) | -0,38797 | Rendah (II) |
| KW 726 | -0,12117 | Tinggi (I) | -0,88099 | Rendah (II) |
| KW 727 | -0,50024 | Rendah (II) | -1,04135 | Rendah (II) |
| KW 728 | -0,93475 | Rendah (II) | -1,37030 | Rendah (II) |

Keterangan : Nama aksesii yang dicetak tebal dan digarisbawahi merupakan aksesii dengan kelompok tinggi pada kedua komponen faktor

Notes : Accession names in bold and underlined are the high group in both factor components

KESIMPULAN

Dari 33 aksesii kakao Kaliwining (KW) dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok berdasarkan karakter komponen buah. Kelompok pertama, aksesii berkarakter biji dan kulit buah yang tinggi (rata-rata jumlah biji/buah 46,29 butir, bobot segar biji/buah 139,45 g, bobot kering biji/buah 15,42 g, bobot segar buah 522,07 g, jumlah alur kulit buah/buah 11,35 alur, dan bobot segar kulit buah/buah 352,16 g) sebanyak 19 aksesii, yaitu KW 162, KW 264, KW 400, KW 514, KW 516, KW 524, KW 528, KW 570, KW 571, KW 717, KW 718, KW 719, KW 720, KW 721, KW 722,

KW 723, KW 724, dan KW 726. Kelompok kedua, aksesii berkarakter bobot segar pulpa per buah yang tinggi (50,71 g) sebanyak 9 aksesii, yaitu KW 30, KW 162, KW 163, KW 165, KW 215, KW 528, KW 570, KW 571, dan KW 720. Selanjutnya, sebanyak 5 aksesii, yaitu KW 162, KW 528, KW 570, KW 571, dan KW 720 tergolong memiliki nilai tinggi dalam seluruh karakter komponen buah (rata-rata jumlah biji/buah 50,61 butir, bobot segar biji/buah 152,20 g, bobot kering biji/buah 19,54 g, bobot segar buah 603,29 g, jumlah alur kulit buah/buah 12,23 alur, bobot segar kulit buah/buah 401,47 g, dan bobot segar pulpa/buah 49,63 g). Aksesii-aksesii tersebut memiliki potensi tinggi

untuk dijadikan tetua dalam program pemuliaan tanaman kakao untuk merakit varietas unggul produksi tinggi dan/atau tahan OPT.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala KP Pakuwon, Penanggung jawab Agro Widyawisata Ilmiah (AWwI) KP Pakuwon, dan Asisten Teknisi Litkayasa Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan pengumpulan datanya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adenuga, O. O., Olaniyi, O. O., Adeigbe, O. O., Adepujo, A. F., Dada, K. E., & Mapayi, E. F. (2015). Phenotypic description and discrimination of some early-bearing cacao (*Theobroma cacao* L.) genotypes using pod and bean traits. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 8(7), 35–42. <https://doi.org/10.9790/2380-08733542>
- Adewale, D. B., Adeigbe, O. O., Adenuga, O. O., Adepoju, A. F., Muiyiwa, A. A., & Aikpokpodion, P. O. (2013). Descriptive and discriminatory significance of pod phenotypic traits for diversity analysis of cocoa genotypes. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 1(3), 131–137. Retrieved from <http://www.escijournals.net/JBPBG>
- Afolabi, M. O., Ibitoye, W. O., & Agbaje, A. F. (2015). Evaluation of nutritional and sensory properties of cocoa pulp beverage supplemented with pineapple juice. *Journal of Food Research*, 4(6), 58–61. <https://doi.org/10.5539/jfr.v4n6p58>
- Anita-Sari, I., & Susilo, A. W. (2013). Pengembangan kriteria seleksi karakter berat biji pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) melalui pendekatan analisis sidik lintas. *Pelita Perkebunan*, 29(3), 174–181.
- Asrul, L., Agus, N., Daryati, T., & Mollah, A. (2012). Karakterisasi morfologi buah dan jaringan tanaman kakao harapan tahan penggerek buah kakao. *J. Agrolantae*, 1(2), 107–120.
- Baon, J. B. (2011). *100 Tahun Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia 1911–2011*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Beavers, A. S., Lounsbury, J. W., Richards, J. K., Huck, S. W., Skolits, G. J., & Esquivel, S. L. (2013). Practical considerations for using exploratory factor analysis in educational research. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 18(6), 1–13. <https://doi.org/ISSN 1531-7714>
- Bro, R., & Smilde, A. K. (2014). Principal component analysis. *Anal. Methods*, 6(9), 2812–2831. <https://doi.org/10.1039/C3AY41907J>
- Chan, Y. H. (2005). Biostatistics 303. Discriminant analysis. *Singapore Med. J.*, 46(2), 54–62.
- Da Silva Oliveira Nunes, C., De Carvalho, G. B. M., Da Silva, M. L. C., Da Silva, G. P., Machado, B. A. S., & Uetanabaro, A. P. T. (2017). Cocoa pulp in beer production: Applicability and fermentative process performance. *PLoS ONE*, 12(4), 1–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175677>
- De Almeida, A. A. F., & Valle, R. R. (2007). Ecophysiology of the cacao tree. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 425–448. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400011>
- Dias, D. R., Schwan, R. F., Freire, E. S., & Dos Santos Serôdio, R. (2007). Elaboration of a fruit wine from cocoa (*Theobroma cacao* L.) pulp. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(3), 319–329. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01226.x>
- Djoulde, R., Essia, D. J., & Etoa, N. F. (2011). Fermentation of cocoa juice (*Theobroma cacao* L.) and roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extracts into a wine-like alcoholic drink. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5(Special Issue 2), 57–63.
- Emmanuel, O. A., Jennifer, Q., Agnes, S. B., Jemmy, S. T., & Firibu, K. S. (2012). Influence of pulp-preconditioning and fermentation on fermentative quality and appearance of Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *International Food Research Journal*, 19(1), 127–133.
- Ferreira, L., & Hitchcock, D. B. (2009). A comparison of hierarchical for clustering functional data. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 38, 1925–1949. <https://doi.org/10.1080/03610910903168603>
- Gaspersz, V. (2006). *Teknik analisis dalam penelitian percobaan* (edisi 2). Penerbit Tarsito Bandung.

- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis. The Design and Statistical Analysis of Animal Experiments*. <https://doi.org/10.1111/b.9781444331899.2011.00023.x>
- Li-Hammed, M. A., Kushairi, A., Rajanaidu, N., Hassan, M. S., Ngah, C. W. Z. C. W., Jalani, B. S., & Olalekan, E. I. (2015). Genetic diversity in oil palm germplasm as shown by hierarchical clustering methods. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(6), 4866–4872. Retrieved from <http://www.recentscientific.com>
- Limbongan, J. (2012). Karakteristik morfologis dan anatomis klon harapan tahan penggerek buah kakao sebagai sumber bahan tanam. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), 14–20.
- Mahadewi, A. A. S. M., Ganda Putra, G. P., & Wrsiati, L. (2013). *Pemanfaatan limbah cairan pulpa hasil samping fermentasi biji kakao sebagai bahan dasar asam asetat dengan proses distilasi*. Laporan Penelitian Universitas Udayana, Bali.
- Maji, A. T., & Shaibu, A. A. (2012). Application of principal component analysis for rice germplasm characterization and evaluation. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 4(6), 87–93. <https://doi.org/10.5897/JPBCS11.093>
- Murdaningsih, H. K., Baihaki, A., Satari, G., Danakusuma, T., & Permadi, A. H. (. (1990). Variasi genetik sifat-sifat tanaman bawang putih di Indonesia. *Zuriat*, 1(1), 32–36.
- Nyadanu, D., Akromah, R., Adomako, B., Kwoseh, C., Lowor, S. T., Dzalimi-Obiatey, H., ... Assuah, M. K. (2012). Histological mechanism of resistance to black pod disease in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Plant Science*, 1–16. <https://doi.org/10.3923/jps.2012>
- Nyadanu, D., Akromah, R., Adomako, B., Kwoseh, C., Dzahini-Obiatey, H., Lowor, S. T., ... Assuah, M. K. (2012). Host plant resistance of phytophthora pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.): the role of epicuticular wax on pod and leaf surfaces. *International Journal of Botany*, 1–9. doi: 10.3923/ijb.2012
- Ondobo, M. L., Onomo, P. E., Djocgoue, P. F., Ndjaga, J. M., Boudjeko, T., & Ndoumou, D. O. (2014). Phenolic content and heritability of resistance in four hybrid populations of *Theobroma cacao* L. after leaves inoculation with *Phytophthora megakarya*. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8(1), 17–30.
- Oyedokun, A. V., Omoloye, A. A., Adewale, B. D., Adeigbe, O. O., & Aikpokpoidon, P. O. (2011). Phenotypic variability and diversity analysis of bean traits of some cocoa hybrids in Nigeria. *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 127–131.
- Pertiwi, E. D., Asrul, L., & Baja, S. (2013). *Karakteristik fenotipe buah kakao rentan terhadap serangan hama penggerek buah kakao (Conopomorpha cramerella Snell.)*. Laporan Penelitian Universitas Hasanudin, Makassar.
- Piessevaux, H., De Winter, B., Louis, E., Muls, V., De Looze, D., Pelckmans, P., ... Tack, J. (2009). Dyspeptic symptoms in the general population: A factor and cluster analysis of symptom groupings. *Neurogastroenterology & Motility*, 21(4), 378–388. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2982.2009.01262.x>
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (n.d.). *Klon-klon unggul kakao lindak*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Saraçlı, S., Dogan, N., & Dogan, I. (2013). Comparison of hierarchical cluster analysis methods by cophenetic correlation. *Journal of Inequalities and Applications*, 1(203), 1–8. <https://doi.org/10.1186/1029-242X-2013-203>.
- Simo, C., Djocgoue, P. F., Mbouobda, H. D., Effa, P. O., Boudjeko, T., Ndiang, Z., & Omokolo, D. N. (2014). Assessing relationship between phenolic compounds and resistance to *Phytophthora megakarya* using two cocoa (*Theobroma cacao*) families. *African Journal of Biotechnology*, 13(29), 2956–2965. <https://doi.org/10.5897/AJB2014.13747>
- Suhendi, D., Mawardi, S., & Winarno, H. (2005). Daya hasil dan daya adaptasi beberapa klon harapan kakao lindak. *Pelita Perkebunan*, 21(1), 1–10.
- Susilo, A. W. (2012). Penemuan klon kakao tahan hama penggerek buah kakao (PBK) di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 24(2), 1–5.
- Susilo, A. W., Anita-Sari, I., Sobadi, Suwitra, I. K., & Nurlia. (2012). Stabilitas daya hasil klon-klon harapan kakao (*Theobroma cacao* L.) tahan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 28(3), 123–135.
- Susilo, A. W., Mangoendidjojo, W., Witjaksono, & Mawardi, S. (2009). Pengaruh perkembangan umur buah beberapa klon kakao terhadap keragaan sifat ketahanan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 25(1), 1–11.

- Susilo, A. W., Mangoendidjojo, W., Witjaksono, Sulistyowati, E., & Mawardi, S. (2009). Respons ketahanan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.) di wilayah Sulawesi Tengah. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 161–173.
- Susilo, A. W., Mawardi, S., Witjaksono, & Mangoendidjojo, W. (2015). Pod characteristics of cocoa (*Theobroma cacao* L.) related to cocoa borer resistance. *Pelita Perkebunan*, 31(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.009>
- Towaha, J. (2013). Diversifikasi produk berbasis pulpa kakao. *Sirinov*, 1(2), 57–74.
- Towaha, J., & Wardiana, E. (2015). Evaluasi tingkat toleransi 35 genotipe kakao terhadap periode kering. *J. TIDP*, 2(3), 133–142.
- Wardiana, E., & Pranowo, D. (2014). Selection of vegetative and generative characters of Arabica coffee by using sequential path analysis and structural equation models. *Jurnal Littri*, 20(2), 77–86.
- Wardiana, E., & Rubiyo. (2015). Seleksi karakter vegetatif yang berpengaruh terhadap jumlah bunga dan buah kakao pada agroekosistem iklim kering, Nusa Tenggara Timur. *Buletin Plasma Nutfah*, 21(1), 1–8.
- Widyotomo, S., & Sri-Mulato. (2008). Teknologi fermentasi dan diversifikasi pulpa kakao menjadi produk yang bermutu dan bernilai tambah. *Riview Peneitian Kopi dan Kakao*, 24(1), 65–82.
- Wijaya, K. A., Prawoto, A. A., & Ihromi, S. (2009). Induksi ketahanan tanaman kakao terhadap hama penggerek buah kakao dengan aplikasi silika. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 184–198.

